







## Method of operating an electromagnetically released spring-applied brake with smooth braking initiation

**Patent number:** EP0735292  
**Publication date:** 1996-10-02  
**Inventor:** HABENICHT HORST (DE); PLASS GERHARD (DE)  
**Applicant:** LENZE GMBH & CO KG AERZEN (DE)  
**Classification:**  
- **International:** F16D59/02  
- **European:** F16D55/28; F16D59/02; F16D65/14D6D4  
**Application number:** EP19960104762 19960326  
**Priority number(s):** DE19951011768 19950330

**Also published as:**

 EP0735292 (A3)  
 DE19511768 (A1)  
 EP0735292 (B1)

**Cited documents:**

 DE2820204  
 DE3906069  
 WO9310368

[Report a data error here](#)

**Abstract of EP0735292**

The operating system is used for a spring brake with an axially sliding brake rotor (3) fitted to the braked shaft, cooperating with an armature disc (1) held away from the brake rotor by an electromagnet, in opposition to the force provided by a number of coil springs (2). The electromagnet is supplied with a relatively large brake release current, subsequently reduced to a lower retaining current, which can be interrupted and the current monitored during subsequent brake release to determine the release and retaining current for the next operating phase.

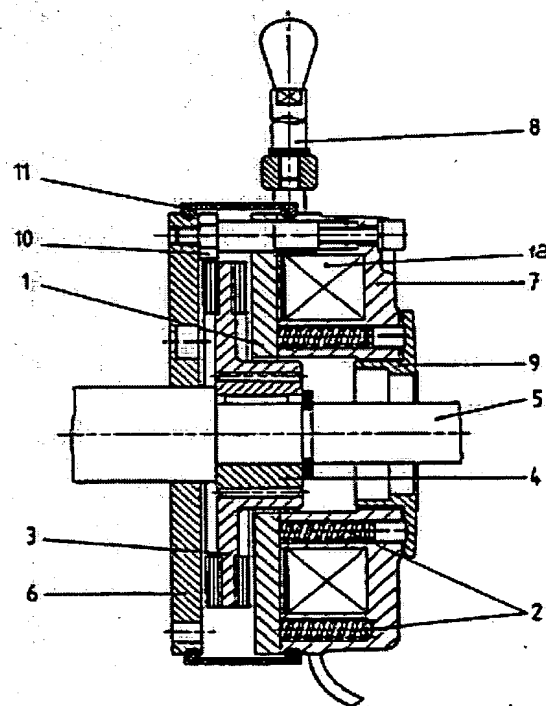


Fig.1

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
02.10.1996 Patentblatt 1996/40

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F16D 59/02**

(21) Anmeldenummer: 96104762.8

(22) Anmeldetag: 26.03.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR IT SE**

(30) Priorität: 30.03.1995 DE 19511768

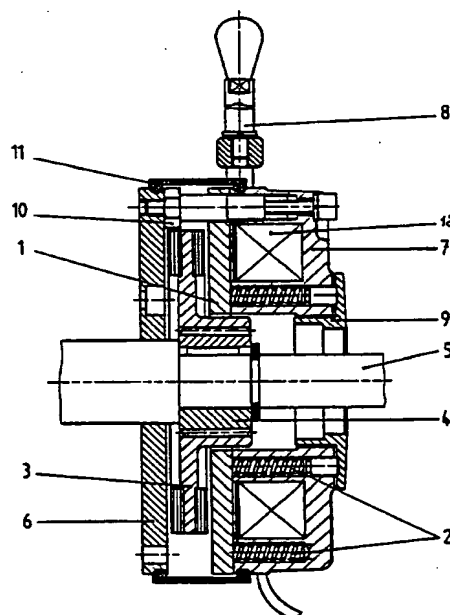
(71) Anmelder: Lenze GmbH & Co. KG Aerzen  
D-31855 Aerzen (DE)

(72) Erfinder:  
• **Habenicht, Horst**  
32699 Extertal (DE)  
• **Plass, Gerhard**  
32699 Extertal (DE)

(74) Vertreter: **Elbertzhagen, Otto et al**  
Patentanwälte Thielking & Elbertzhagen  
Gadderbaumer Strasse 20  
33602 Bielefeld (DE)

(54) **Verfahren zum Betrieb einer elektromagnetisch löfzbaren Federkraftbremse bei sanftem Bremseneinsatz**

(57) Eine solche Federkraftbremse hat einen Bremsrotor (3), der zwischen einem gestellfesten Widerlager (6) und einer von zumindest einer Druckfeder (2) beaufschlagten Ankerscheibe (1) angeordnet ist. Entgegen der Kraft der Druckfeder (2) ist die Ankerscheibe (2) vom Bremsrotor (3) weg zu einem Magnetteil (7) hin über einen Luftspalt hinweg anziehbar, dessen Erregerstrom von einem höheren Lösestrom auf einen geringeren Haltestrom bei anliegender Ankerscheibe (1) vermindert wird. Der Haltestrom wird beim Bremseneinsatz kurzzeitig verringert oder unterbrochen und nach dem Abfall der Ankerscheibe (1) zum Bremsrotor (3) hin entsprechend den Bremsbedingungen eingestellt. Um Einflüsse aufgrund einer Luftspaltänderung oder von Schwankungen der Speisespannung zu eliminieren, wird mit dem Aufschalten der Erregerspannung für den Löfzvorgang in der Erregerstromkurve eine Sprungstelle ermittelt und nach deren Stromwert werden die Werte des Lösestroms und des Teilstroms nachfolgender Arbeitsspiele bestimmt.



*Fig.1*

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer elektromagnetisch löfbbaren Federkraftbremse der im Gattungsbegriff des Patentanspruchs 1 näher bezeichneten Art.

Ein solches Verfahren ist aus der DE 28 20 204 C2 bekannt. In diesem Dokument wird bereits darauf hingewiesen, daß für den praktischen Betrieb eine Notwendigkeit dahingehend besteht, die Bremskraft der elektromagnetisch löfbbaren Federkraftbremse variieren zu können. Denn bei bloßer Abschaltung des Erregerstroms für den Lüftungsmagneten steht ausschließlich das von der Kraft der mechanischen Druckfedern abhängige, volle Bremsmoment zur Verfügung. Zwar kann für Notsituationen eine dementsprechende Vollbremsung vorgesehen werden, bei normalen Betriebsbedingungen variiert man jedoch das Bremsmoment entsprechend der abzubremsenden Last oder gemäß den gewünschten Einsatzbedingungen, indem man nach dem bekannten Verfahren den Haltestrom zunächst abschaltet und kurzzeitig danach auf die Erregerspule des Lüftungsmagneten eine auf einen Teil der Betriebsspannung reduzierte Spannung aufschaltet, so daß sich als Erregerstrom der gegenüber dem Lösestrom verminderte Teilstrom ergibt. Entsprechend wird auf die sich an den Bremsrotor anlegende Ankerscheibe eine der Kraft der mechanischen Bremsfedern entgegenwirkende Magnetkraft ausgeübt, wodurch die Bremskraft gemäß den gewünschten Bremsbedingungen gegenüber der Vollbremsung reduziert wird, was man je nach der gewünschten verzögerten Bremswirkung zumindest beim Bremsseinsatz oder auch für den gesamten Bremsvorgang variieren kann.

Ein wesentlicher Nachteil des bekannten Verfahrens besteht darin, daß sich die Bedingungen für die Bestimmung des jeweils gewünschten Teilbremsmomentes aufgrund zweier Einflußfaktoren ändern. Zum einen tritt infolge Verschleißes mit zunehmender Betriebsdauer eine Vergrößerung des Luftspaltes zwischen der den Bremsrotor beaufschlagenden Ankerscheibe und dem Magnetteil ein und zum anderen kann sich eine Verringerung der Speisegleichspannung ergeben, die auf eine Erschöpfung der Batterien zurückzuführen ist, mit denen die vornehmlich mit solchen Federkraftbremsen ausgestatteten Flurförderzeuge betrieben werden.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren zum Betrieb einer elektromagnetisch löfbbaren Federkraftbremse der gattungsbildenden Art die Einflüsse der Luftspaltänderung und der Schwankungen der Speisespannung zu eliminieren.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß sich beim Lüftungsvorgang in dem als Kurve darstellbaren, zeitlichen Verlauf des ansteigenden Erregerstroms eine gegenüber dem stetigen Bereich deutlich erfaßbare Sprungstelle auftritt, deren Stromwert und deren Lage sich in Abhängigkeit von der Luftspaltweite ändern. Diese Sprungstelle im zeitlichen Verlauf der

Stromkurve zeigt sich genau an derjenigen Stelle, an der beim Lüftungsvorgang die Lösung der Ankerscheibe vom Bremsrotor weg zum Magnetteil hin einsetzt.

An der genannten Sprungstelle ergibt sich jeweils ein Stromwert, der gehalten oder geringfügig erhöht werden muß, um den Lösestrom zu erzielen, der ein Abheben der Ankerscheibe vom Bremsrotor entgegen der Kraft der mechanischen Bremsfedern sicherstellt. Andererseits kann man an diesem Stromwert der Sprungstelle den Teilstrom ausrichten, mit dem der Magnetteil erregt werden muß, um das Bremsmoment gegenüber der Vollbremsung zu verringern, ohne daß sich hierbei die Ankerscheibe vom Bremsrotor löst.

Unabhängig davon, ob sich die Luftspaltweite oder die Speisespannung im zulässigen Toleranzbereich ändert, ergibt sich an der beschriebenen Sprungstelle in dem zeitlichen Verlauf der Erregerstromkurve immer der passende Stromwert, dessen Höhe und Zeitpunkt somit als Bezugsgröße für die Steuerung eines verzögerten Bremsseinsatzes bei einer elektromagnetisch löfbbaren Federkraftbremse der in Rede stehenden Art genutzt werden kann. Bei einem kleinen Luftspalt, bei dem der Widerstand des magnetischen Kreises relativ gering ist, tritt die Sprungstelle in der Stromkurve schon kurz nach dem Aufschalten der Erregerspannung auf und zwar bei einem relativ niedrigen Stromwert. Umgekehrt verhält es sich bei einem größeren Luftspalt und entsprechend erhöhtem magnetischen Widerstand im magnetischen Kreis, dann nämlich tritt die erwähnte Sprungstelle später bei einem höheren Erregerstrom auf. Bei Schwankungen in der Betriebsspannung ergeben sich zeitliche Verschiebungen in der Sprungstelle der Erregerstromkurve, die man ebenfalls als Steuergröße berücksichtigen kann. Allerdings kann man die Erregung des Magnetteils auch nur mit einer Teilspannung der zur Verfügung stehenden Batteriespannung vorsehen, um den Einfluß einer Spannungsänderung infolge Erschöpfung der Batterie auszuschließen.

Aufgrund der dargelegten Erkenntnisse geschieht die erfindungsgemäße Lösung der weiter oben angegebenen Aufgabe bei einem Verfahren zum Betrieb einer elektromagnetisch löfbbaren Federkraftbremse der gattungsgemäßen Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1.

Die exakte Bestimmbarkeit des Lösestroms in Abhängigkeit von der Luftspaltweite ermöglicht es, die Erregerspule des Magnetteils für eine Spannung auszuwählen, die deutlich kleiner als die für den Lösestrom anzulegende Lösespannung ist, die nur kurzzeitig aufgeschaltet werden muß. So kann die Federkraftbremse bis zur Verschleißgrenze hin über einen größeren Luftspalt arbeiten, womit die Wartungsintervalle vergrößert werden können. Die Auswertung der Sprungstelle im zeitlichen Verlauf des Erregerstroms beim Lüftungsvorgang ermöglicht ferner das frühzeitige Zurückführen des Erregerstroms auf den Haltestrom, weswegen auch bei hoher Betriebsspannung keine zusätzliche Verlustwärme entsteht. Schließlich kann auch das Fehlen der

Sprungstelle im Verlauf der Erregerstromkurve als Indikator für eine Störung genutzt werden, woraufhin der weitere Betrieb der Federkraftbremse unterbrochen wird. So kann die Sprungstelle in der Stromkurve bei zu kleinem oder zu großem Luftspalt, bei zu geringer oder fehlender Speisegleichspannung oder bei defekter Erregerspule des Magnetteils fehlen oder wenigstens nicht mehr erfaßbar sein. Bei sofortiger Betriebsunterbrechung in einem solchermaßen feststellbaren Störfall können Folgeschäden vermieden werden, was die Betriebssicherheit erhöht.

Soweit es die exakte Bestimmbarkeit des Teilstroms betrifft, der beim Bremsseinsatz für das gewünschte Teilbremsmoment maßgeblich ist, hat man hierüber die Möglichkeit, die Ankerscheibe sich sanft an die Reibflächen des Bremsrotors anlegen zu lassen, um ein allmählich einsetzendes Bremsmoment zu erzielen. Danach kann dann für den jeweils weiteren Bremsverlauf beliebig das Bremsmoment schnell oder langsam erhöht werden, was von den Bedingungen des jeweiligen Bremsfalles abhängig gemacht werden kann.

Vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Hier ist besonders hervorzuheben, daß beim Bremsseinsatz im Falle des unterbrochenen Haltestroms auch in der Induktionsspannung der Erregerspule des Magnetteils eine Sprungstelle im zeitlichen Verlauf der Spannungskurve ermittelt werden kann, die hier durch den Abfall der Ankerscheibe vom Magnenteil bedingt ist. Dadurch läßt sich der Zeitpunkt für die Aufschaltung der Teilspannung zur Erzielung des Teilstroms auf die Erregerspule des Magnetteils exakt bestimmen, um den sanften Bremsseinsatz zu bewirken.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Schnitt durch eine elektromagnetisch löfthbare Federdruckbremse und

Fig. 2 Diagramme der zeitlichen Verläufe der Erregerspannung, des Erregerstromes und des Bremsmomentes bei der erfindungsgemäß betriebenen betriebenen Federkraftbremse nach Fig. 1 bei einem unmittelbar aufeinanderfolgenden Lüftungs- und Bremsvorgang.

Im einzelnen erkennt man in Fig. 1 eine Federkraftbremse, durch die hindurch sich koaxial eine abzubremsende Welle 5 erstreckt, auf welche axial verschieblich jedoch drehfest ein Bremsrotor 3 angeordnet ist. Dazu sitzt auf der Welle 5 drehfest eine Nabe 4, die entlang ihres Umfanges eine achsparallele Verzahnung hat, die mit einer entsprechenden Innenverzahnung an der zentralen Bohrung des Bremsrotors 3 zusammenwirkt. Der Bremsrotor 3 hat entlang der äußeren Ränder an seinen beiden Stirnseiten Reibbeläge, über die er an der einen Stirnseite mittels einer Ankerscheibe 1 beaufschlagbar ist. Die Ankerscheibe 1 ist ebenfalls axial ver-

schiebbar und wird auf ihrer von dem Bremsrotor 3 abliegenden Seite von anliegenden Druckfedern 2 beaufschlagt, deren Kraft in gewissen Grenzen von einem Einstellring 9 verändert werden kann.

Die Ankerscheibe 1 ist Teil eines magnetischen Kreises, zu dem ferner ein Magnenteil 7 gehört, das eine elektrische Erregerspule 12 hat. Bei Erregung des Magnetteils 7 wird unter Schließung eines Luftspaltes die Ankerscheibe 1 unter Überwindung der Druckkräfte der Federn 2 gegen die benachbarte Stirnseite des Magnetteils 7 angezogen. Damit kommt die Ankerscheibe 1 vom Bremsrotor 3 frei. Auf der der Ankerscheibe 1 abgelegenen Seite ist ein gestellfestes Widerlager in Gestalt einer Gegendruckscheibe 6 angeordnet, gegen die der Bremsrotor 3 infolge Mitnahme durch die Ankerscheibe 1 bei entregtem Magnenteil 7 aufgrund der Druckkraft der Druckfedern 2 gepreßt wird. Zur Nachstellung des sich dabei öffnenden Luftspaltes zwischen dem Magnenteil 7 und der Ankerscheibe 1 dienen Hölzenschrauben 10, die am Gestell der Federkraftbremse ebenso wie die Druckfedern 2 gegengelagert sind.

Für den Lüftvorgang der Federkraftbremse wird das Magnenteil 7 über die Erregerspule 12 erregt, indem daran die im oberen Diagramm von Fig. 2 wiedergegebene Lösespannung  $U_1$  angelegt wird. Hat sich zum Zeitpunkt  $T_L$  die Ankerscheibe 1 vom Bremsrotor 3 gelöst und an das Magnenteil 7 angelegt, wird die an der Erregerspule 12 anliegende Spannung auf die Haltespannung  $U_2$  verringert, denn nunmehr genügt zur Überwindung der mechanischen Gegenkraft der Druckfedern 2 eine geringere Erregung des Magnetteils 7, weil durch Schließung des Luftspaltes zur Ankerscheibe 1 hin der magnetische Widerstand verringert ist.

Den zeitlichen Verlauf des in der Erregerspule 12 fließenden Erregerstroms  $E$  zeigt das zweite Diagramm von oben in Fig. 2. Bis zum Ablösen der Ankerscheibe 1 vom Bremsrotor 3 steigt die Stromkurve stetig an und weist dann im Zeitpunkt des Abhebens der Ankerscheibe 1 vom Bremsrotor 3 im Zeitpunkt  $T_L$  eine Sprungstelle auf, an der sich ein bestimmter Stromwert ergibt. Dieser Stromwert ist, wie Fig. 2 weiter deutlich macht, abhängig von der von der Ankerscheibe 1 zum Magnenteil 7 hin zu überbrückenden Luftspaltweite, er ist bei größerem Luftspalt höher und tritt überdies zeitlich später auf. In Abhängigkeit dieses Stromwertes kann der etwas größer zu wählende Lösestrom, der für den Abfall der Ankerscheibe 1 vom Bremsrotor 3 notwendig ist, exakt ermittelt und vorgegeben werden. Gegenüber diesem maximalen Stromwert ist dann der Haltestrom bei am Magnenteil 7 anliegender Ankerscheibe 1 verringert.

Da sich bei unmittelbar aufeinanderfolgenden Arbeitsspielen der Federkraftbremse der Luftspalt so gut wie nicht ändert, kann jeweils für die nachfolgenden Arbeitsspiele aus dem ermittelten Stromwert an der Sprungstelle der Stromkurve der Lösestrom, der Haltestrom und ein Teilstrom abgeleitet werden, der für einen

Bremseinsatz mit verringertem Bremsmoment aufgebracht werden soll.

Der Bremseninsatz beginnt zunächst mit dem Abschalten der Erregerspannung für die Erregerspule 12, an der sich aufgrund der Induktivität die Spannung umkehrt, wie die Induktionsspannung  $U_3$  im oberen Diagramm von Fig. 2 veranschaulicht. In der zeitlichen Kurve der abfallenden Induktionsspannung tritt zum Zeitpunkt  $T_B$  eine Sprungstelle auf, die signalisiert, daß in diesem Zeitpunkt die Ankerscheibe 1 auf den Bremsrotor 3 auftritt. Ab diesem Zeitpunkt kann eine solche Erregerspannung an die Erregerspule 12 des Magnetteils 7 angelegt werden, daß ein sanfter Bremseninsatz mit langsam ansteigendem Bremsmoment erfolgt, wie es das untere Diagramm in Fig. 2 deutlich macht. Dadurch fließt in der Erregerspule 12 ein Teilstrom, der kleiner als der Lösestrom sein muß, damit die Ankerscheibe 1 beim Bremsvorgang nicht wieder zum Magnetteil 7 hin angezogen wird. Andererseits kann dieser Lösestrom jetzt exakt variiert werden, um Einfluß auf den sanften Bremsverlauf nehmen zu können. Wie aus dem mittleren Diagramm von Fig. 2 hervorgeht, ist hierbei wichtig, daß der jeweilige Stromwert des Lösestroms von dem Stromwert bei der Sprungstelle des zeitlichen Stromverlaufs in dem vorherigen Lüftungsvorgang oder in einem der vorangehenden Lüftungsvorgänge abhängig gemacht werden kann, damit der gewünschte sanfte Bremseninsatz nicht von Änderungen der Luftspaltweite zwischen der abgefallenen Ankerscheibe 1 und dem Magnetteil 7 abhängig ist.

Von seinem Maximalwert ab verringert man den Lösestrom, indem die Erregerspannung heruntergeregt wird. Bei entregtem Magnetteil 7 steht dann das volle Bremsmoment an, bis dahin ergibt sich der zeitliche Momentenverlauf, der in dem unteren Diagramm von Fig. 2 ab dem Zeitpunkt  $T_B$  dargestellt ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer elektromagnetisch löf-  
baren Federkraftbremse mit einem mit der abzu-  
bremsenden Welle drehfesten, jedoch darauf axial  
verschiebbaren Bremsrotor, der zwischen einem  
gestellfesten Widerlager, wie einer Gegendruck-  
scheibe, und einer von zumindest einer Druckfeder  
in Richtung zum Bremsrotor hin beaufschlagten  
Ankerscheibe angeordnet ist, die entsprechend der  
Kraft der Druckfeder mit der vom Bremsrotor ablie-  
genden Seite unter dessen Freigabe zu einem  
Magnetteil hin über einen Luftspalt hinweg anzieh-  
bar ist, wobei der Erregerstrom für den Magnetteil  
während des Lüftungsvorgangs von einem höheren  
Lösestrom zum Abheben der Ankerscheibe vom  
Bremsrotor auf einen geringeren Haltestrom zum  
Festhalten der Ankerscheibe am Magnetteil ver-  
mindert und der Haltestrom beim Bremseninsatz  
kurzzeitig verringert oder unterbrochen und nach  
dem Abfall der Ankerscheibe entsprechend den  
Bremsbedingungen zumindest anfänglich auf einen

gegenüber dem Lösestrom verminderten Teilstrom  
eingestellt wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mit dem Aufschalten der Erregerspannung für  
den Lüftungsvorgang in der ansteigenden Kurve des  
Erregerstromes die durch den Abfall der Anker-  
scheibe vom Bremsrotor bedingte Sprungstelle  
ermittelt und entsprechend dem zugehörigen  
Stromwert der relativ dazu höhere Wert des Löse-  
stroms und gleiche oder niedrigere Wert des Teilst-  
roms für nachfolgende Arbeitsspiele bestimmt  
werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß in Abhängigkeit des Zeitpunkts der Sprung-  
stelle in der Erregerstrom-Kurve beim Lüftungsvorgang  
der Zeitpunkt für das Umschalten vom Lösestrom  
auf den Haltestrom bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß beim Bremseninsatz im Falle des unterbroche-  
nen Haltestroms die Induktionsspannung in der  
Erregerspule des Magnetteils erfaßt und die durch  
den Abfall der Ankerscheibe vom Magnetteil  
bedingte Sprungstelle in der Spannungskurve  
ermittelt und zu deren Zeitpunkt die Teilspannung  
zur Erzielung des Teilstromes auf die Erregerspule  
aufgeschaltet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Zeit- und Stromwertdaten der Sprungstel-  
len der Erregerstrom-Kurve und/oder der Indukti-  
onsspannungs-Kurve von jedem Lüftungsvorgang bzw.  
Bremseninsatz erfaßt, in einen Speicher eingegeben  
und jeweils für den darauf folgenden Lüftungsvorgang  
bzw. Bremseninsatz ausgewertet werden.

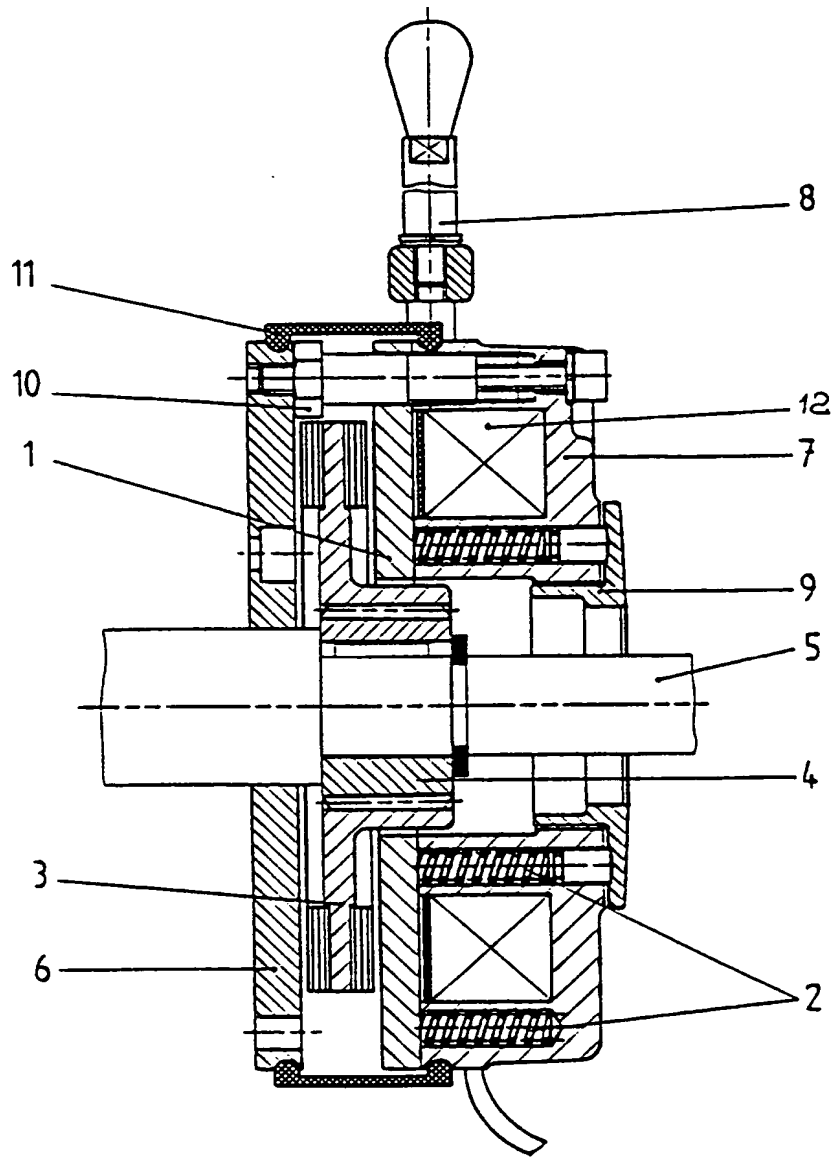
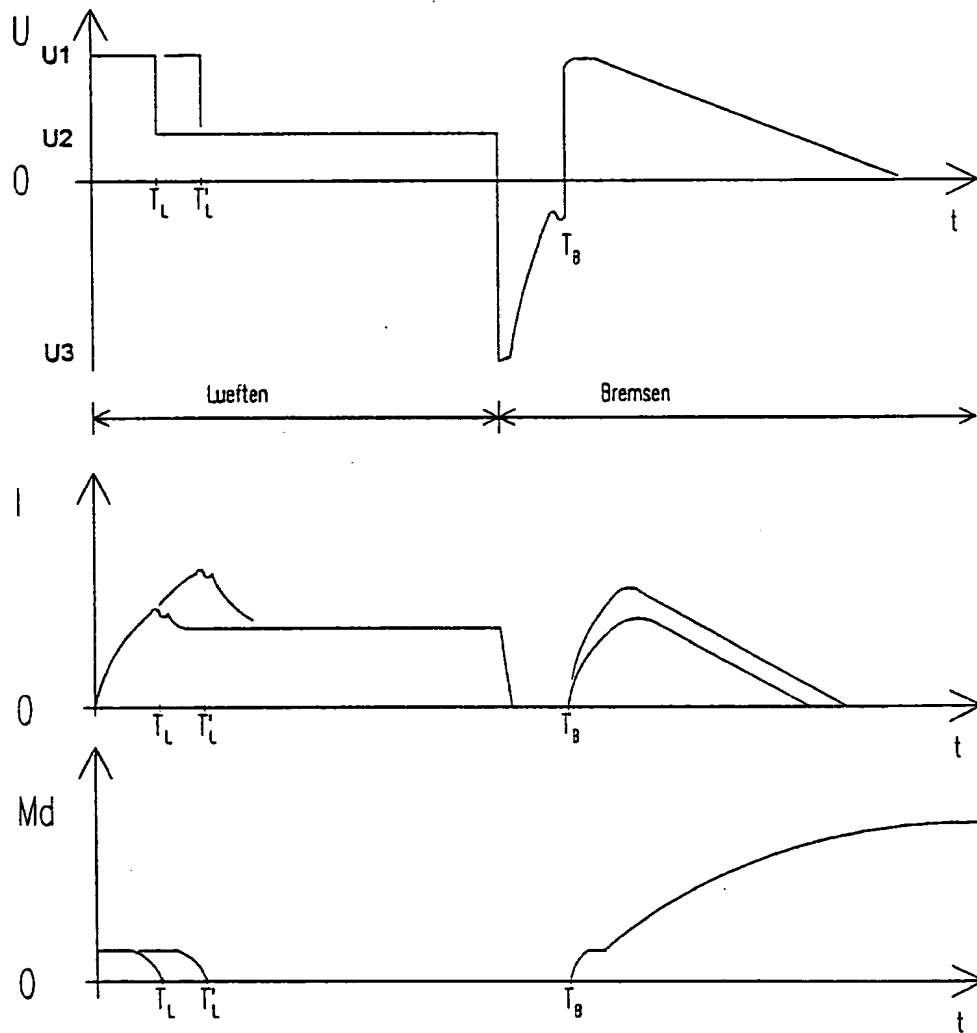


Fig.1

Fig. 2



- $T_L$  = Lösezeitpunkt der Ankerscheibe vom Bremsrotor, bei kleinem Luftspalt.  
 $T_L'$  = Lösezeitpunkt der Ankerscheibe vom Bremsrotor, bei großem Luftspalt.  
 $T_B$  = Ankerscheibe trifft auf den Bremsrotor. Anlegen einer Teilspannung zum sanften Bremsen.  
 $U_1$  = Lösespannung  
 $U_2$  = Haltespannung  
 $U_3$  = Induktionsspannung